

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: HIRAI, Norio Conf.:
Appl. No.: NEW Group:
Filed: July 8, 2003 Examiner:
For: OPTIMAL OPERATION CONTROLLER OF PLANT

L E T T E R

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

July 8, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on the following application(s):

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
JAPAN	2002-214665	July 24, 2002

A certified copy of the above-noted application(s) is(are) attached hereto.

If necessary, the Commissioner is hereby authorized in this, concurrent, and future replies, to charge payment or credit any overpayment to Deposit Account No. 02-2448 for any additional fee required under 37 C.F.R. §§ 1.16 or 1.17; particularly, extension of time fees.

Respectfully submitted,

BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP

By

Michael K. Mutter, #29,680

MKM/sll
2565-0272P

P.O. Box 747
Falls Church, VA 22040-0747
(703) 205-8000

Attachment(s)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

HIRAI, Norio
July 8, 2003
BSIB, LLP

(703) 205-8000
2565-0272P
10f1

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-214665

[ST.10/C]:

[JP 2002-214665]

出 願 人

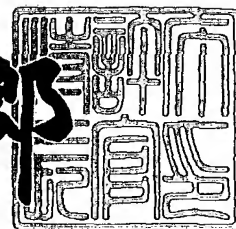
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2003年 2月25日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3010872

【書類名】 特許願

【整理番号】 540678JP01

【提出日】 平成14年 7月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G05B 15/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 平井 規郎

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100099461

【弁理士】

【氏名又は名称】 溝井 章司

【選任した代理人】

【識別番号】 100111497

【弁理士】

【氏名又は名称】 波田 啓子

【選任した代理人】

【識別番号】 100111800

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹内 三明

【選任した代理人】

【識別番号】 100114878

【弁理士】

【氏名又は名称】 山地 博人

【選任した代理人】

【識別番号】 100118810

【弁理士】

【氏名又は名称】 小原 寿美子

【選任した代理人】

【識別番号】 100119035

【弁理士】

【氏名又は名称】 池上 徹真

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 056177

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0108543

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラント最適運転制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 制御対象のプラントの運転状態から所定プロセス状態と各要素との相関関係を求めて相関テーブルに記憶し、上記プラントからの運転状態から上記各要素毎の効率を計算する相関解析部と、

上記プラントの運転状態において、上記相関解析部が計算した所定プロセスにおける運転効率を記憶する区分化効率テーブルと、

上記プラントからのデータ入力に基づき、上記区分化効率テーブルを参照し、上記各要素に制御出力する最適パターン探索部を備えたことを特徴とするプラント最適運転制御装置。

【請求項2】 区分化効率テーブルは、1つの要素における効率と、プラント全体の運転効率とを記憶するようにし、

最適パターン探索部は、上記プラント全体の運転効率を考慮して各要素を制御するようにしたことを特徴とする請求項1記載のプラント最適運転制御装置。

【請求項3】 相関解析部は、制御対象のプラントからのデータ入力に基づき所定プロセスに対する要素の相関を区分化して絞込み、相関テーブルに書きこむようにしたことを特徴とする請求項1記載のプラント最適運転制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、発電プラント等の運転を制御するプラント制御装置に係り、特にプラント全体を最適化するようにプラントを構成する複数の機器をそれぞれ所定の値で運転するプラント最適運転制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、予測負荷に対するプラントの最適運転制御装置において、各構成機器の効率はその構成機器の運転出力によって異なるため、一度に最適運転のための各構成機器の最適解を求めることができなかった。

この不具合をなくすことを目的として、従来の最適運転制御装置においては線形計画法を用いて繰り返し最適演算を行なうことで最適解を求めている。

図9は例えば、特開平5-100712に示された従来の最適運転スケジューリング装置であり、予め対象プラント94の種々の負荷に対する、プラントを構成する各構成機器運転の最適解の計算結果を求める最適解計算部93と負荷と最適解の対応が記憶されている負荷／最適解対応テーブル92、および初期設定部91とを有している。

【0003】

このスケジューリング装置の最適解計算部では、各構成機器の効率を運転量－効率特性曲線に基づき算出し、負荷および算出された機器効率とともに運転量の最適解を線形計画法によって求める。求めた値が運転量の初期解と一致するならばこれを最適解とみなし、一致しない場合は新しく算出した運転量を初期値として再度上記ステップを繰り返し求めることになる。さらに計算回数を最小限とし、高速に最適解を計算させるために過去に計算して蓄積された負荷／最適解対応テーブルに問い合わせ、該テーブルから初期値を設定している手段を有する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来のプラント最適運転制御装置における最適解計算手法は上記のように構成されており、制御モデルと機器設計値に基いた解析手法であったため、該発電プラントの置かれている立地条件、気象条件といったプロセスデータ以外の重要なパラメータが考慮されていないので、必ずしも実プラントの最適運転状態にならないという課題がある。

【0005】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、実際のプラントの効率に影響を与える種々の条件を考慮し、過去に運転された運転データに基づいて最適制御値を知り、最適効率のプラント運転制御を行う装置を得る。

【0006】

【課題を解決するための手段】

この発明に係るプラント最適運転制御装置は、制御対象のプラントの運転状態

から所定プロセス状態と各要素との相関関係を求めて相関テーブルに記憶し、プラントからの運転状態から各要素毎の効率を計算する相関解析部と、

プラントの運転状態において、相関解析部が計算した所定プロセスにおける運転効率を記憶する区分化効率テーブルと、

プラントからのデータ入力に基づき、区分化効率テーブルを参照し、各要素に制御出力する最適パターン探索部を備えた。

【0007】

また更に、区分化効率テーブルは、1つの要素における効率と、プラント全体の運転効率とを記憶するようにし、最適パターン探索部は、プラント全体の運転効率がよくなるよう各要素を制御するようにした。

【0008】

また更に、相関解析部は、制御対象のプラントからのデータ入力に基づき所定プロセスに対する要素の相関を区分化して絞込み、相関テーブルに書きこむようにした。

【0009】

【発明の実施の形態】

実施の形態1.

過去の運転データに基づき、またプラント制御装置の各構成要素が効率に及ぼす過去の影響実績に基づき、最適動作点を指示制御するプラント最適運転制御装置の構成と動作を説明する。

図1はこの発明の実施の形態1におけるプラント最適運転制御装置の構成を示す全体構成図である。図において、2は制御対象のプラントで、その詳細として、14はプラント2内に設置されたセンサーで、プラント2の動作状態を検出し、出力する。同じく16はプラント制御部で、後に述べる指示制御出力で制御される。その結果、プラント2は最適解15の状態での運転が維持される。また1は最適制御装置で、その詳細として、13はセンサーからのデータ入力に対応した各構成要素の過去の運転データを記憶する運転データベースである。12はこの運転データベース13とセンサー14からのデータ入力に基づいてある変数に対する要素の相関度を求める相関解析部、22は、こうして求めた各構成要素の相

関係数を記憶する相関テーブルである。4は、各変数に対する構成要素の稼働効率を記憶する区分化効率表、11は、センサー14からのデータ入力に対して、これらの相関テーブル22と区分化効率表4を参照して、統計的手法でプラント・システムの効率が所定の値になる点を探索し、この探索した動作点となるよう、プラント制御部16に指示制御出力する最適パターン探索部である。

【0010】

3はマンマシン・インターフェースで、例えば発電プラントにおける発電電力量、条件設定等を入力し、また相関値が得られにくい要素の運転条件を指定し、入力する。

この構成による最適運転制御装置の動作を説明する。

動作は、相関係数の把握と、相関係数を得た後の最適パターン探索の2つに大別できるが、先ず相関係数の解析動作から述べる。

図2はその動作を説明する図であり、運転データベースから関連があると推定されたデータを集めたプロセスデータテーブル21に基づいて相関係数を計算する。例えばタービンについて効率を求めて、相関テーブル22に記入する。即ち相関解析部12は、プラントが運転状態にあって変動が生じている場合に、その変動の前後の注目する要素の運転データを解析する。例えば上記タービンが要素である場合、そのタービンに供給される蒸気量や温度、冷却水温度と、出力側の回転数やトルクに着目してタービンの各相関値を解析する。

これらの解析の際に、最初は、現プラントの各要素毎の制御モデルに基づいて入出力の関係と影響パラメータとから効率の演算が得られ、更に現に得られるデータの、影響度の大きい2, 3のデータから回帰して制御モデルの入出力関係式と関係式におけるパラメータ値を修正している。即ち常に現プラントの運転状態から各要素毎の効率とそれに及ぼす重要データ値の関係が制御モデルを修正した入出力関係式に基づいて常に得られている。これは図2における相関解析部12が行なっている。従って運転データベース13には、単なる相関係数だけでなく、これらの修正入出力関係式が記憶されている。

【0011】

こうして得られた相関値は、例えば図3のように得られ、図3(a)のように

変数間に関連性が高ければ結果である分布図 3 1 のようになり、図 3 (b) のように変数間に関連性があまりなければ結果である分布図 3 2 のようになる。従って相関解析部 1 2 は、相関性が高い結果 3 1 を相関テーブル 2 2 にその要素名と変数名とを組にして、相関値が大きい順に記憶していく。この場合の相関係数は次の式 (1) で与えられ、式 (1) 中の y と x は図 3 の縦軸の変数と横軸の変数を表し、 i は i 番目の変数を表し、バーは平均を表す。

なお、相関が低い要素に対しては、マンマシン・インターフェース 3 から変数と要素の対応付けを行う。

【0012】

【数 1】

$$\rho = \frac{\sum (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2}} \quad (1)$$

【0013】

この式 (1) において、相関係数の絶対値は最大 1 であり、関連性が強いほど 1 に近づく。しかし相関係数は線形的な関連性の強弱を測定することはできるが、例えば 2 次関数の関係になると、相関性を測定できない。

また同時に相関解析部 1 2 は、効率表を作成する。図 4 はその動作を説明する図であり、プラントの運転状況に時系列で追従して効率のデータを集め、分布表 4 1 を作成する。この場合、図 4 または図 5 に示す要素、例えばタービンの機器効率を作成し、区分化効率表 4 の 1 つである分布表 4 1 に記憶される。

図 5 において、効率データ 5 1 は多くの時系列データが記録されているが、後の最適制御のためにはもっと少ない効率データの方が都合がよいので、更にサンプル点を例えば温度を 1 度毎に区分 (カテゴライズ) し、更に図 8 に示すように出力指定指示を各温度で例えば効率のよい順に 10 点に絞り込むと、図 4 の区分化分布表 4 2 が作成される。もちろんこうした温度の刻み、出力指示点数は、プロセスによって異なるので、マンマシン・インターフェース 3 等から入力してもよい。

【0014】

なお上記手法により抽出された機器効率の高位点は、着目した機器の効率に対しては最適効率であるが、プラント全体の効率とは必ずしも一致しているわけではない。図6はあるプロセス状態量(変数)とある機器効率との関係と、更にプラント全体の効率との関係を示す図である。上記絞込み処理によって得られたカテゴライズされたプロセス状態量に対する機器効率から、簡単のためにあるプロセス状態量に対する機器効率61に着目する。機器効率61とそれに対応する発電プラント効率62の関係を見ると、機器効率61の最高点よりも中間値あたりで発電プラント効率が最高点に達している。このような場合には最適な機器効率としては、機器効率61の最高位部分を選択するのではなく、機器効率61に対するプラント効率62の関係から発電プラント効率の高位から順に数点選び出し、それに対応する機器効率63を機器効率の最適運転パターンであるとするのが妥当である。この機器効率63をあるプロセス状態量のときの機器効率の最適運転パターンであるとする。上記操作をすべてのプロセス状態量に対して実施する。

【0015】

図7における分布表71は図4における分布表42をプロセス状態量のカテゴリ毎に、発電プラント効率で降順にソートした表である。分布表71の各カテゴリ毎に、発電プラント効率の高いものから数点(図7では3点)ずつ抽出することにより分布表72を作成する。

図8は機器効率の高いものから10点抽出した状態のプロセス状態量に対する機器効率の分布図81と分布図81からさらに対応する発電プラント効率の高位から3点抽出した状態のプロセス状態量に対する機器効率の分布図82である。さらに曲線83はグラフ82の各点を最小二乗法により近似させた近似曲線である。この近似曲線の関数が発電プラント効率最適化関数である。

【0016】

次に最適パターン探索動作を述べる。

図1において、プラント2の運転状態はセンサー14により検出されて運転データベース13に入力される。そして上記のように相関解析部12により、各運

転要素毎に効率または所定変数に対する相関係数として解析されて相関テーブル22と区分化効率表4に記憶される。

この状態で最適パターン探索部11は区分化効率表4を参照して、各運転要素毎に最適効率となるよう要素入力をプラント制御部16に対して制御指示出力する。区分化効率表4に記載がある運転要素に対しては、テーブル参照で直ちに指示ができ、従来のようなシミュレーションや計算の必要がない。

またある変数に対して相関係数が算出されている要素に対しても、同様に該当する変数の最適値が定まると、直ちに制御指示が行える。上記したように相関係数が定まらない要素に対しては予め関係をマンマシン・インターフェース3から指定しておくので、これも遅れがなく適切な制御値を指示できる。

【0017】

最適パターン探索部11は気温、海水温度、風速などの現在の条件をもとに、最適解15を算出し、これをもとにプラント制御部16が機器を制御し、発電プラントの運転状態を最適に制御することを可能とする。

以上のように、機器の効率とプラント全体の効率という線形関係にない複数のパラメータの効率をともに高位にする手法として本発明の最適運転パターン探索手段は有効であり、従来のように繰り返し計算を必要としないことから高速に最適解を見つけることが可能であり、リアルタイムに制御するシステムにとって有効である。

【0018】

実施の形態2.

複数のポンプ場へ水を送る送水システムにおいては、水位を安定させるというパラメータと電力料金コストをできるだけ低く押さえるという2つの線形関係にないパラメータを考慮して制御する必要がある。この場合にも過去の運転データから水位を安定して運転できたパターンのうちから電力コストを低位に押さえることができたパターンを最適運転パターンとすることにより、該送水場の特性を活かした最適運転制御を可能とする。

【0019】

【発明の効果】

以上のようにこの発明のプラント最適運的制御装置によれば、過去の実データに基づく各運転構成要素の効率または相関値からプラント全体の運転効率を定めて、この値になるよう各要素を運転制御するので、事前のシミュレーションが不要で、周囲環境条件に適合した最適制御が直ちに得られる効果がある。

【0020】

また更に、相関計算により各要素と効率に結びつく変数との関連が明らかになり、全ての運転要素に実状態に適合した適切な制御ができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 個のは地名の実施の形態1におけるプラント最適運的制御装置の構成を示す図である。

【図2】 実施の形態1における相関解析部の動作を説明する図である。

【図3】 相関関係の強弱を説明する図である。

【図4】 実施の形態1における機器効率のテーブル作成を説明する図である。

【図5】 実施の形態1における機器効率をパラメータに対して図面化した図である。

【図6】 実施の形態1における機器効率とプラント全体の効率の関係を示す図である。

【図7】 実施の形態1における他の効率の区分化を説明する図である。

【図8】 実施の形態1における区分化機器効率をパラメータに対して図面化した他の図である。

【図9】 従来の最適運転スケジューリング装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

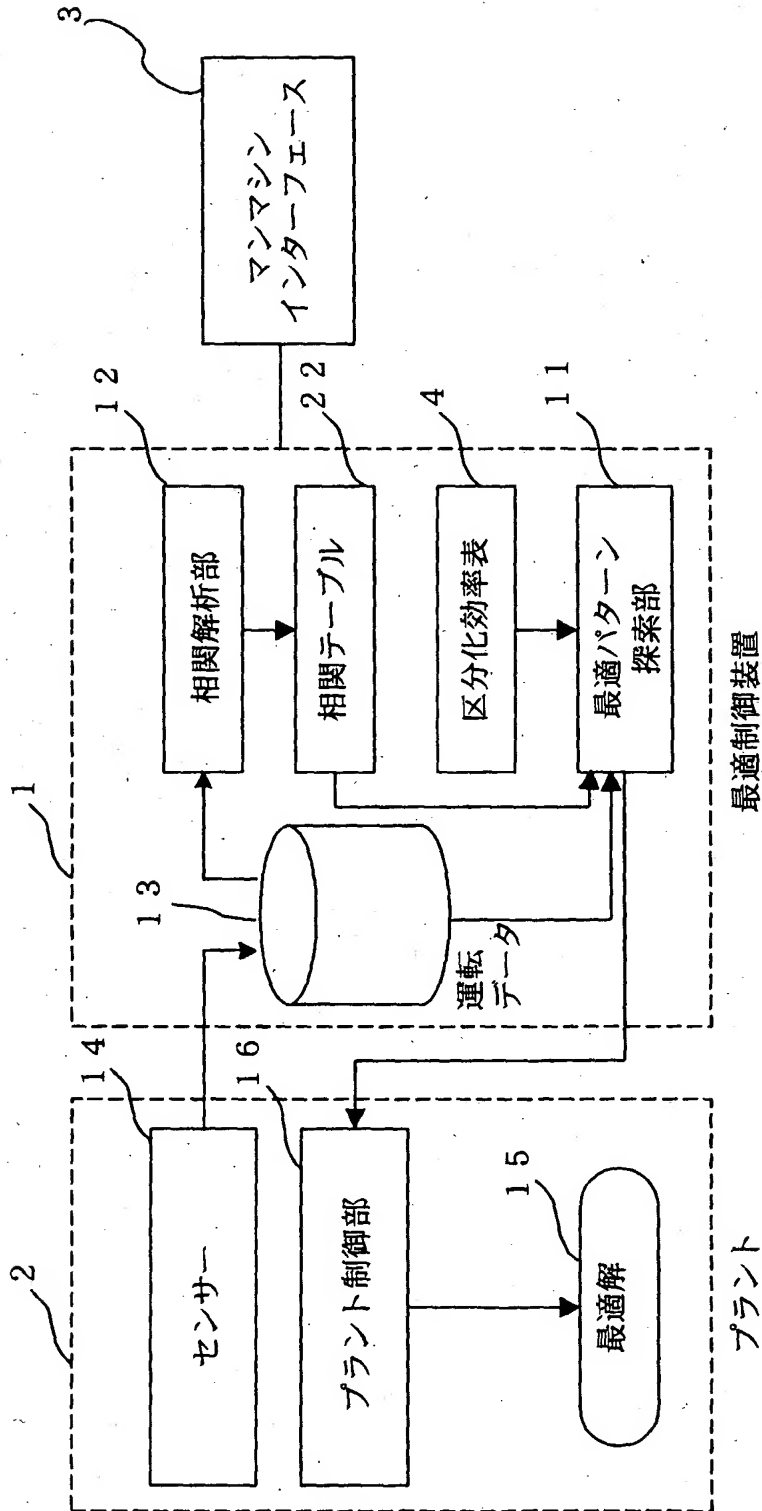
1 最適制御装置、2 プラント、3 マンマシン・インターフェース、4 区分化効率表（分布表）、11 最適パターン探索部、12 相関解析部、13 運転データベース、14 センサー、15 最適解、16 プラント制御部、21 プロセスデータテーブル、22 相関テーブル、31、大きい相関係数の分布図、32 相関係数が不明の分布図、41 プロセス状態量区分化分布表、42 機器効率を絞った分布表、51 機器効率の連続分布図、52 機器効率

の区分化分布図、6 1 あるプロセス状態量の機器効率例、6 2 機器効率 6 1
に対応するプラント効率、6 3 プラント効率 6 2 に対応する機器効率、7 1
ソート分布表例、7 2 昇順 3 点抽出分布表例、8 1 分布表 7 1 の冷却水温度
に対する機器効率分布図、8 2 分布表 7 2 の冷却水温度に対する機器効率分布
図。

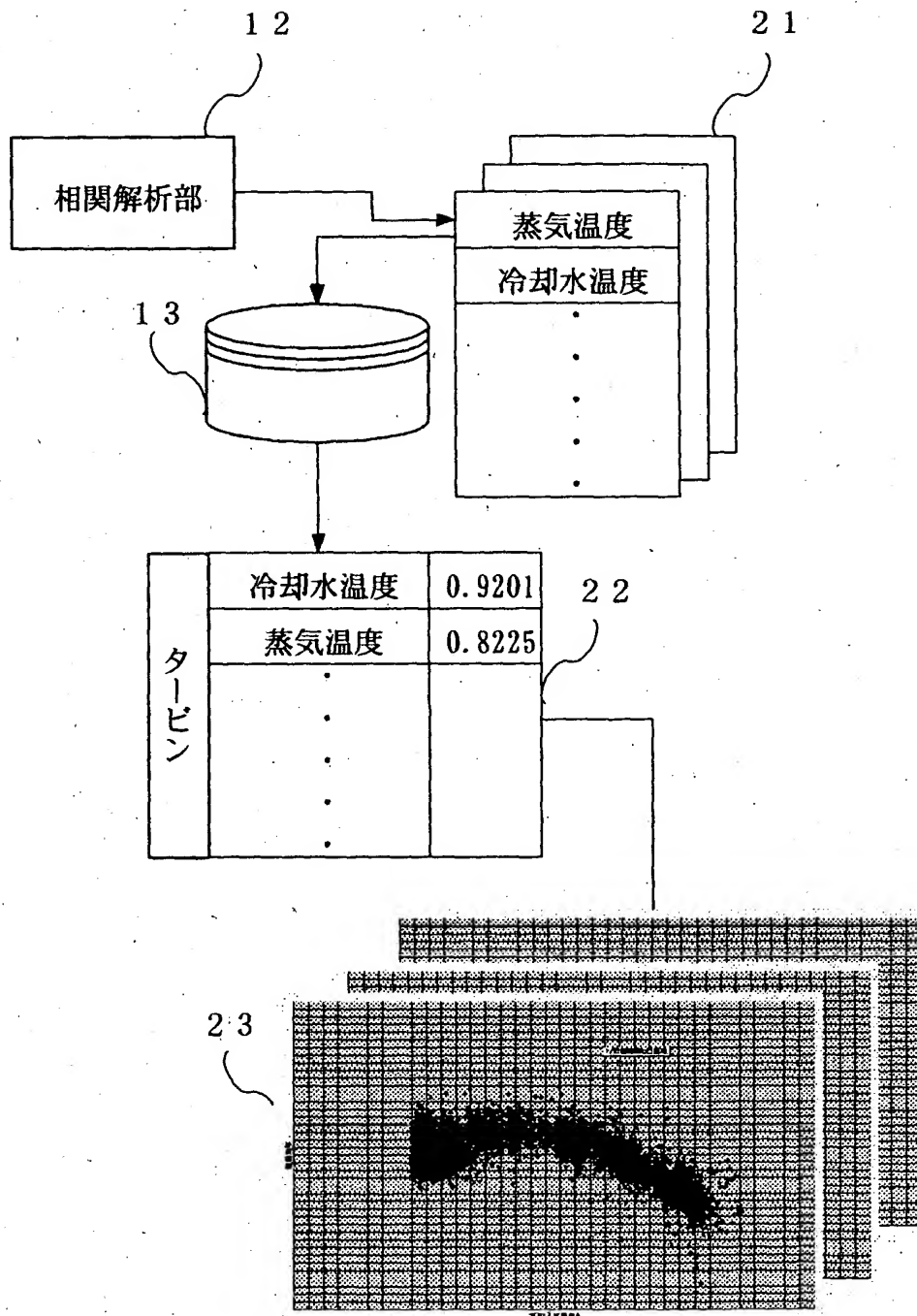
【書類名】

図面

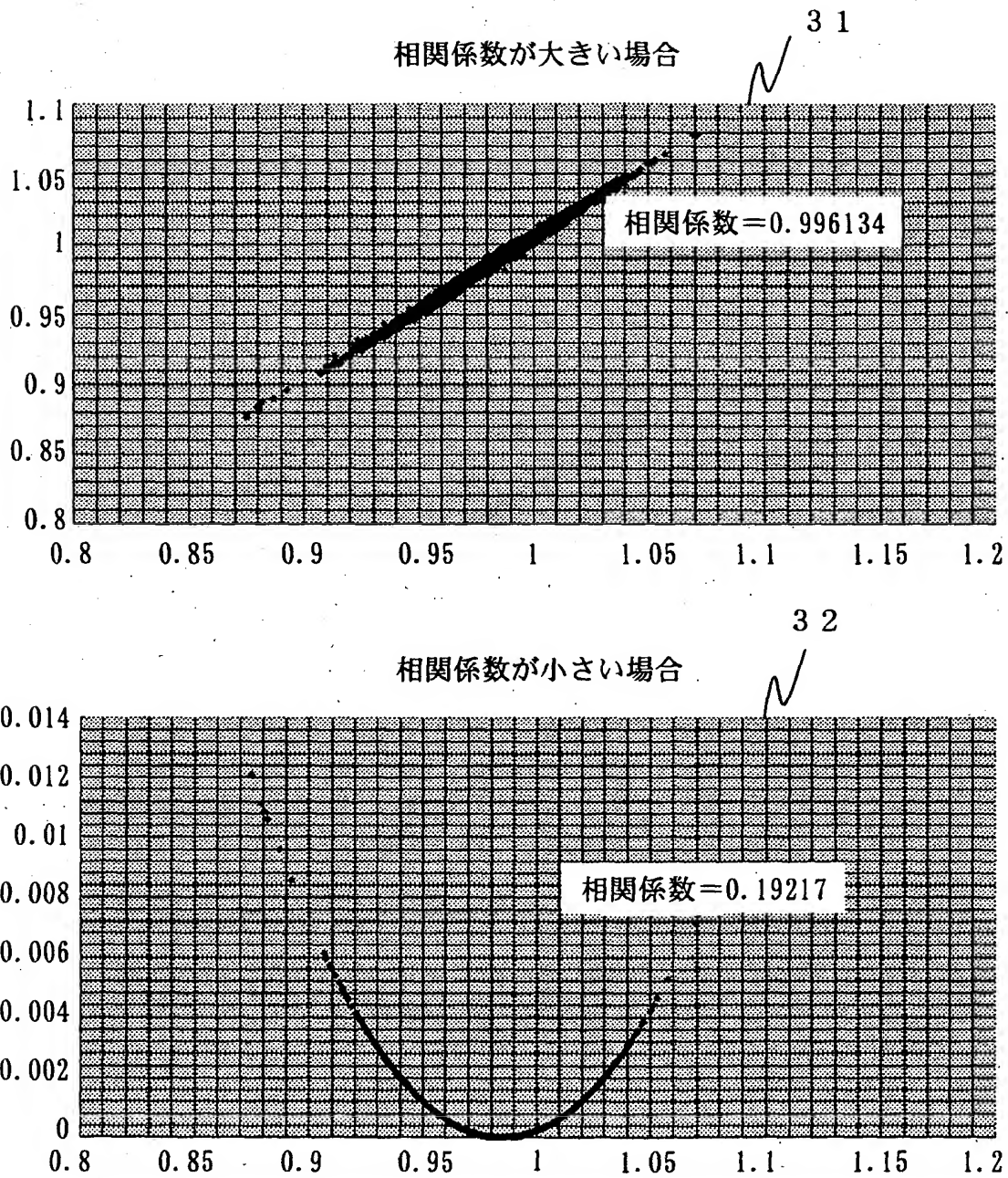
【図1】



【図2】



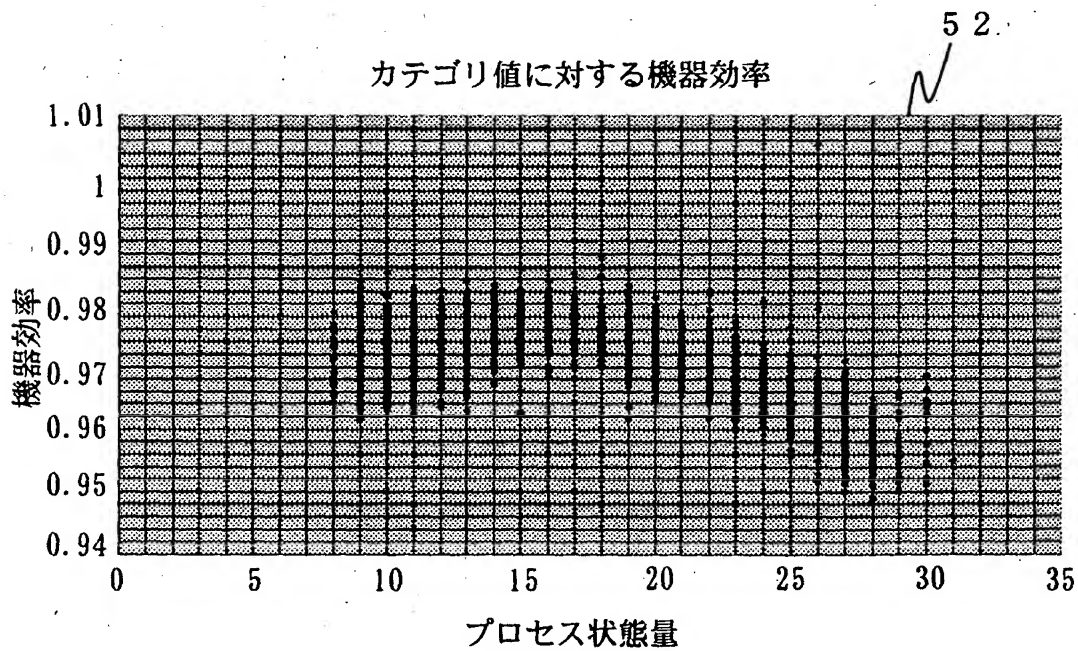
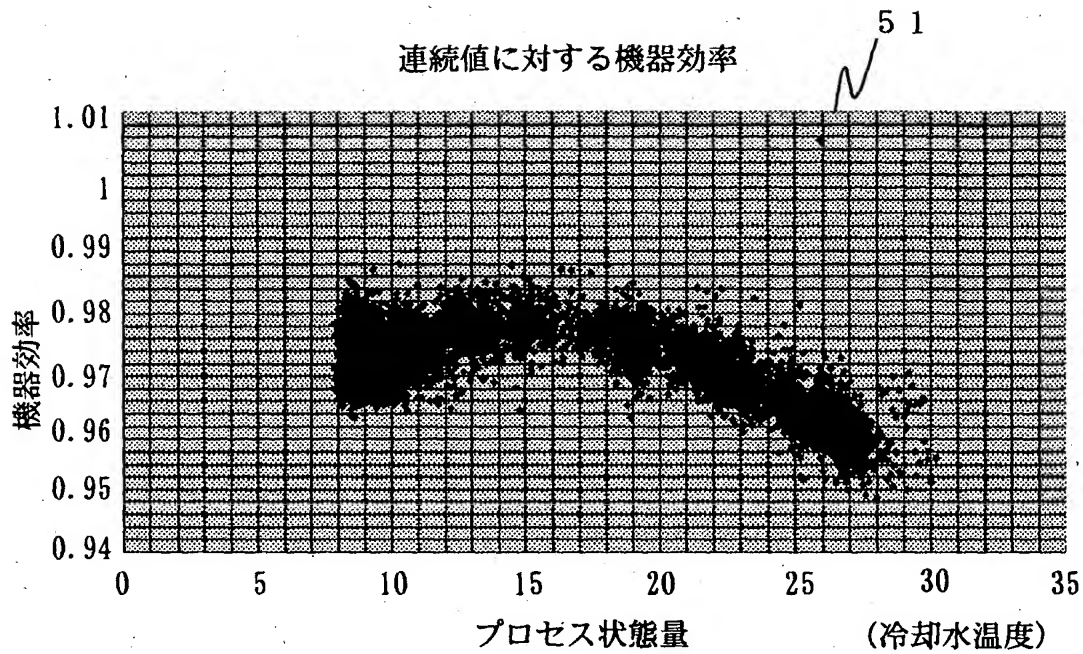
【図 3】



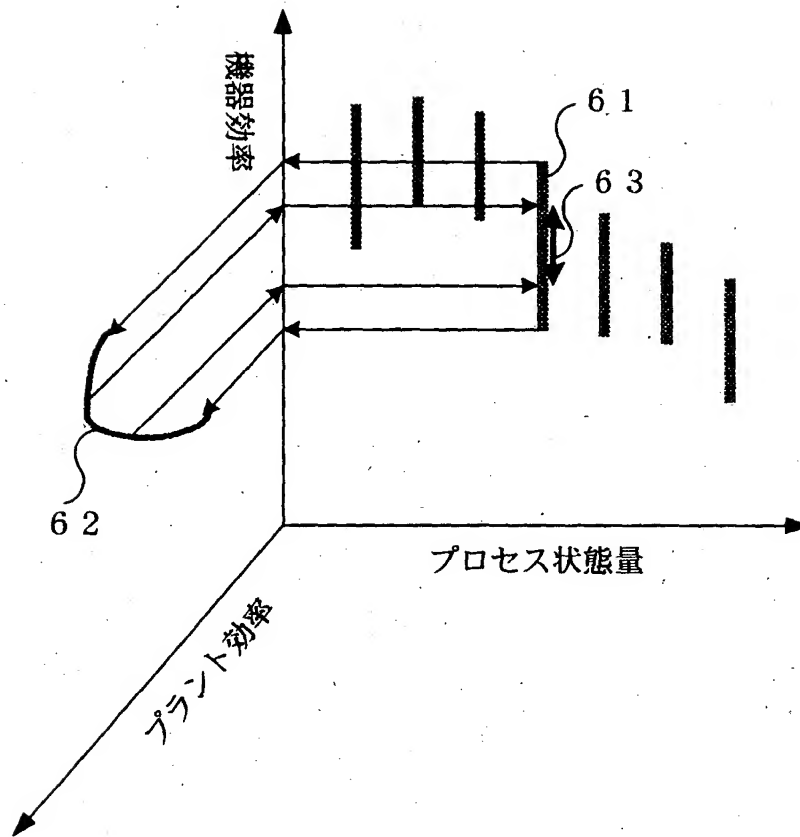
【図 4】

冷却水温度	機器効率	冷却水温度	機器効率
8℃	0.978677579 0.976739177 0.976308421 0.975662287 0.974585397 0.974585397 0.974370019 0.973508507 0.973508507 0.973293129 0.973077751 0.973077751 0.973077751 0.971785484 0.971570106	8℃	0.978677579 0.976739177 0.976308421 0.975662287 0.974585397 0.974585397 0.974370019 0.973508507 0.973508507 0.973293129
9℃	0.983631273 0.982769761 0.982769761 0.982554383 0.981477493 0.981262115	9℃	0.983631273 0.982769761 0.982769761 0.982554383 0.981477493 0.981262115
⋮	⋮	⋮	⋮
30℃	0.966401034 0.96467801 0.964247254 0.96360112 0.96360112 0.963385742 0.96252423 0.959724316 0.957785914 0.95606289 0.95606289 0.954770622 0.954339866 0.952186087 0.951109197 0.950032307	30℃	0.966401034 0.96467801 0.964247254 0.96360112 0.96360112 0.963385742 0.96252423 0.959724316 0.957785914 0.95606289
31℃	0.954986	31℃	0.954986

【図5】



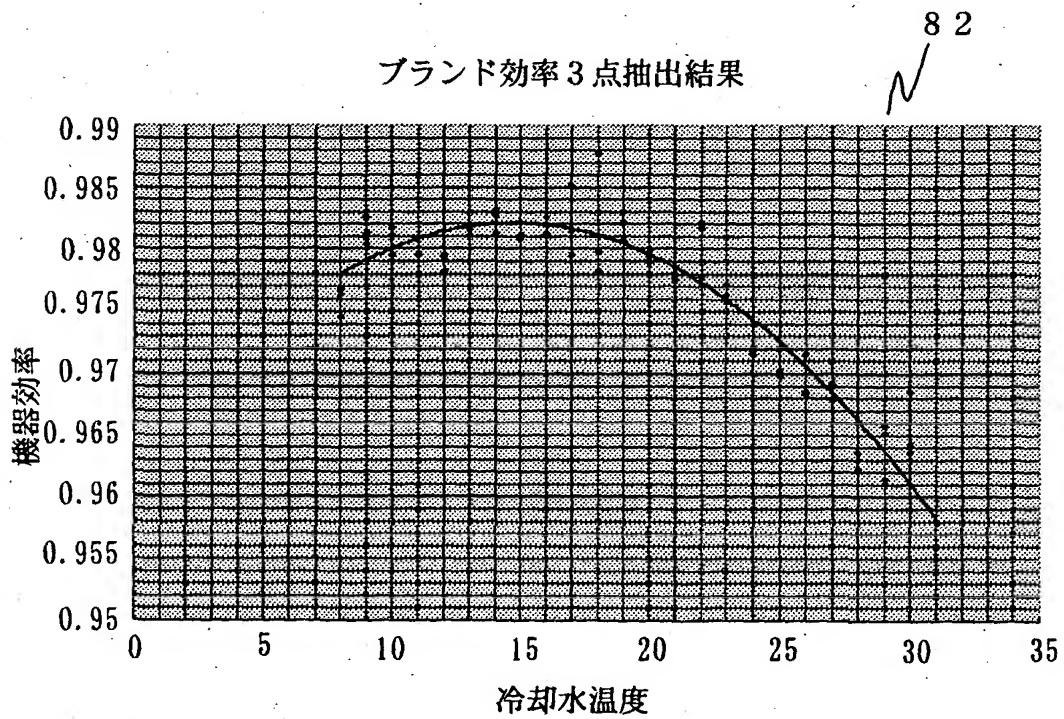
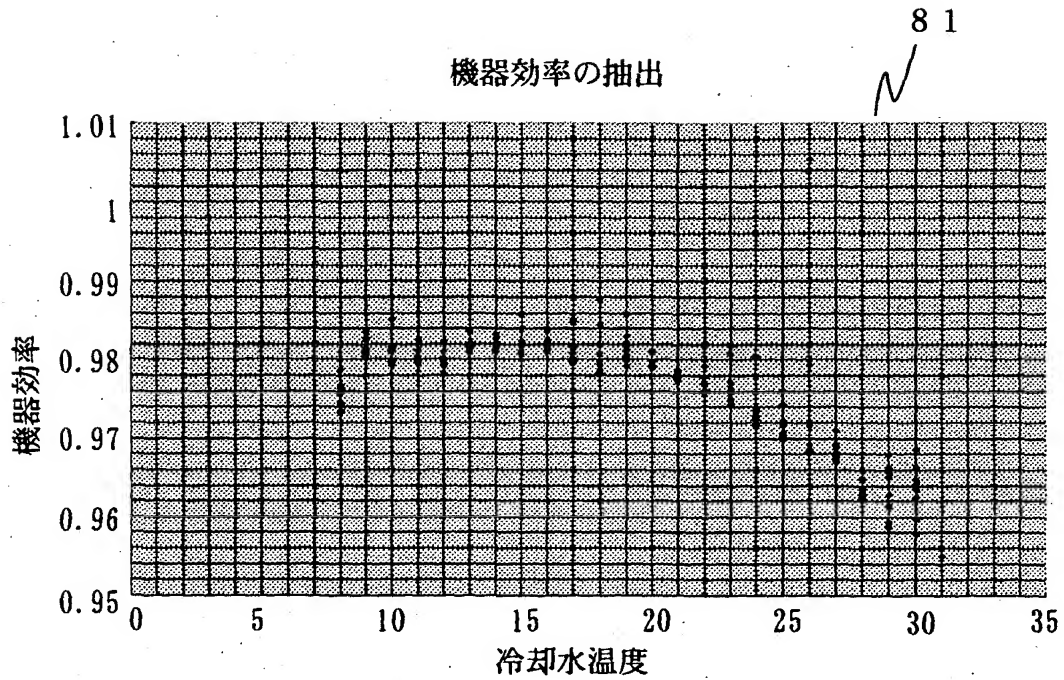
【図6】



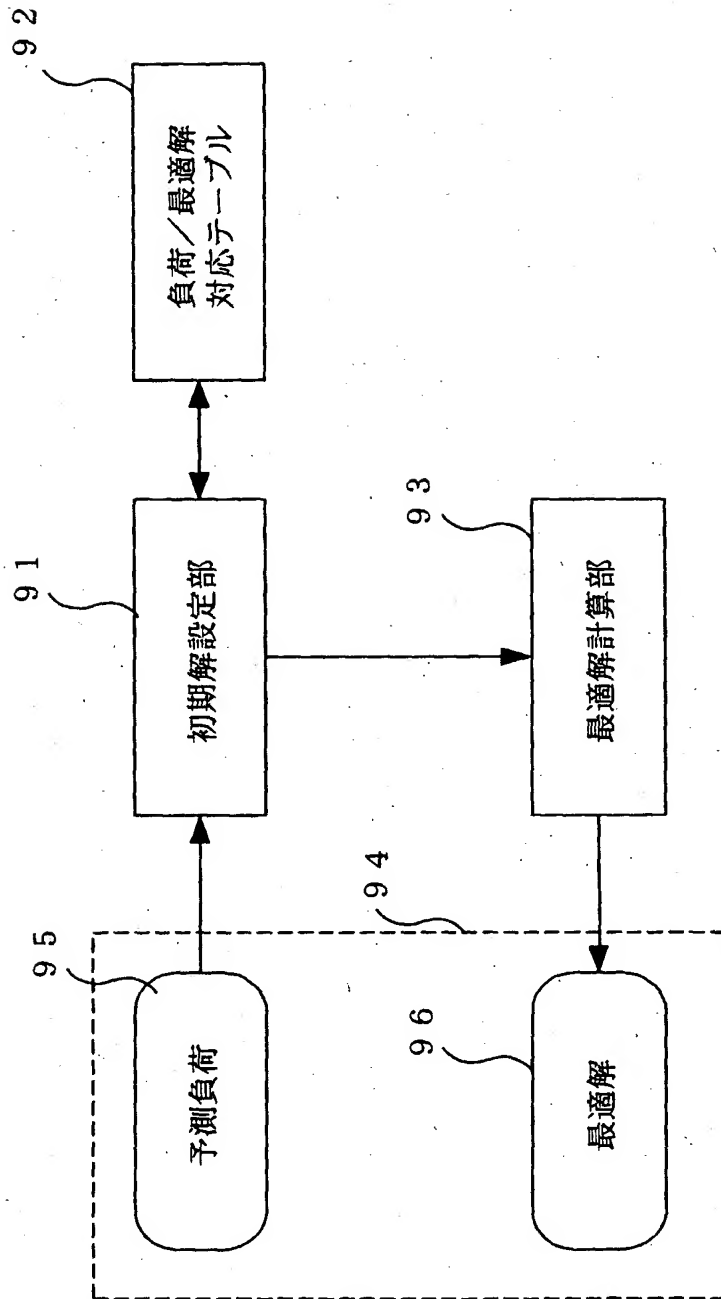
【図 7】

71			72		
冷却水温度	機器効率	プリント効率	冷却水温度	機器効率	プリント効率
8℃	0.976739177	0.992450073	8℃	0.976739177	0.992450073
	0.974585397	0.985387238		0.974585397	0.985387238
	0.976308421	0.979542133		0.976308421	0.979542133
	0.974370019	0.979055041			
	0.973508507	0.978324403			
	0.978677579	0.977106673			
	0.975662287	0.976376035			
	0.973293129	0.973697029			
	0.973508507	0.970043838			
	0.974585397	0.9693132			
9℃	0.981262115	0.980272772	9℃	0.981262115	0.980272772
	0.982554383	0.979298587		0.982554383	0.979298587
	0.982769761	0.976132489		0.982769761	0.976132489
	0.983631273	0.967121286			
	0.982769761	0.960545543			
	0.981477493	0.87481734			
.
.
.
.
30℃	0.964247254	1.006088651	30℃	0.964247254	1.006088651
	0.954770622	0.997808086		0.954770622	0.997808086
	0.951109197	0.990014613		0.951109197	0.990014613
	0.95606289	0.987335606			
	0.952186087	0.985143692			
	0.968554814	0.970287384			
	0.96360112	0.970287384			
	0.96467801	0.9693132			
	0.959724316	0.965416464			
	0.95606289	0.96444228			
	0.963385742	0.964198734			
	0.957785914	0.963711642			
	0.96252423	0.961032635			
	0.954339866	0.960789089			
	0.96360112	0.959571359			
	0.950032307	0.95518753			
	0.966401034	0.943984413			
31℃	0.954986	0.960545543	31℃	0.954986	0.960545543

【図 8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 過去の実績データの相関値から効率向上に寄与するよう各要素を制御する。

【解決手段】 制御対象のプラントの運転状態から所定プロセス状態と各要素との相関関係を求めて相関テーブル22に記憶し、プラントからの運転状態から各要素毎の効率を計算する相関解析部12と、プラントの運転状態において、相関解析部が計算した所定プロセスにおける運転効率を記憶する区分化効率テーブル4と、プラントからのデータ入力に基づき、区分化効率テーブルを参照し、各要素に制御出力する最適パターン探索部11を備えた。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

氏 名 三菱電機株式会社